

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①1 **DE 4001495 A 1**

②1 Aktenzeichen: P 40 01 495.9  
②2 Anmeldetag: 19. 1. 90  
④3 Offenlegungstag: 18. 4. 91

⑤1 Int. Cl. 5:  
**A01 B 63/111**  
A 01 B 63/114  
A 01 B 59/043  
G 05 D 15/01  
E 02 F 9/20  
// A01B 15/00,15/20

DE 4001495 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦1 Anmelder:  
Wildner, Baldur, 3400 Göttingen, DE

⑦2 Erfinder:  
Antrag auf Nichtnennung

⑤4 Tiefenführung für Bodenbearbeitungsgeräte

DE 4001495 A 1

## 1. Stand der Technik

Landwirtschaftliche Zugmaschinen sind i. a. mit einem geregelten hydraulischen Kraftheber ausgerüstet. Dieser übernimmt die Tiefenführung eines an der Dreipunkthydraulik angebauten Bodenbearbeitungsgerätes (nachfolgend BAG genannt), z. B. eines Pfluges, und überträgt dabei meist einen Teil des Gerätegewichts auf die Zugmaschine. Dadurch wird die Achsbelastung der Zugmaschine vergrößert, was zu einer Erhöhung der, auf den Boden übertragbaren, Vortriebskräfte führt, bzw. zu einer Verminderung des Radschlupfs. Für die Tiefenführung von Bodenbearbeitungsgeräten, die an der Dreipunkthydraulik anzubauen sind, werden derzeit i. a. folgende Regelsysteme eingesetzt:

- Lageregelung
- Zugwiderstandsregelung (Abhängig von dem Einbauplatz der Meßsensoren unterscheidet man hier zwischen Ober- und Unterlenkerregelung
- Mischregelung (Kombination aus Zugwiderstands- und Lageregelung)

Nach der Übertragungsart der Meß- und Regelimpulse unterscheidet man weiterhin zwischen:

- EHR (Elektronische Hubwerkssteuerung)
- MHR (Mechanische Hubwerkregelung)
- SHR (Servohydraulische Hubwerkregelung).

Aufsattelpflüge, die nur an den Unterlenkern der Zugmaschine befestigt sind, können bei Traktoren mit Oberlenkerregelung nur über die Lageregelung der Hydraulik und zusätzlich durch das höhenverstellbare Stützrad des Pfluges in der Tiefe geführt werden.

Weiterhin sind aus der Literatur verschiedene Systeme bekannt, die aber bisher in der Praxis keine Verbreitung gefunden haben. Dazu gehören die folgenden, in Offenlegungsschriften beschriebenen, Verfahren:

- DE 35 01 568 A1  
Messung der Absolutbewegungen des Anbaugerätes durch Bewegungssensoren
- DE 32 35 818 A1  
Meßwertgeber für Pfluglage am Stützrad
- DE 36 11 414 A1  
Messung des Zugwiderstands an einzelnen Bodenbearbeitungswerkzeugen, durch elektronische Verarbeitung der Meßsignale Steuerung der Gerätelage über Dreipunkthydraulik und hydraulischen Oberlenker
- DT 24 03 760 A1  
Oberlenker-Zugkraftregelung, bei der die Regereinheit vom Schlepper in den Oberlenker verlegt ist.

## 2. Kritik am Stand der Technik

## Lageregelung

Bei dieser Regelung wird das an der Dreipunkthydraulik angehängte BAG durch eine Höhenregelung der Unterlenker im bezug zum Schlepper immer in der gleichen Lage gehalten. Daraus resultieren bei Nickbewegungen des Schleppers, z. B. infolge Bodenuneben-

## Zugwiderstandsregelung

- Die Tiefenführung des angebauten BAG's erfolgt über die Messung des Gerätezugwiderstandes, einem bestimmten Zugwiderstand entspricht somit immer eine voreingestellte Bearbeitungstiefe. Zur Erhaltung des voreingestellten Sollwertes wird bei einer Erhöhung des Zugwiderstands das BAG angehoben, sinkt der Zugwiderstand ab, wird das BAG angesenkt. Eine Änderung des Zugwiderstandes, z. B. durch einen Wechsel in der Bodenbeschaffenheit, Bodendichte oder -feuchte, bewirkt somit auch eine ungewollte Änderung der Bearbeitungstiefe. Dies wirkt sich aber i. a. auf die Bodenbearbeitung nachteilig aus, da gerade im Bereich höherer Bodenverdichtung, in dem zum Ausgleich des erhöhten Zugwiderstands das BAG angehoben wird, eine konstante Bearbeitungstiefe erforderlich wäre.

## Mischregelung

- Eine Kombination der beiden erstgenannten Regelungsarten führt zur sogenannten Mischregelung, bei der die Anteile von Lage- und Zugwiderstandsregelung einstellbar sind. Je nach Anteil von Lage- oder Zugwiderstandsregelung wirken sich auch die Nachteile des jeweiligen Systems stärker oder schwächer aus.

- Diese bekannten Regelsysteme sind wegen ihrer Wirkungsweise (Messung der Lage oder des Zugwiderstandes, oder Kombination beider Verfahren) im praktischen Feldeinsatz unter den wechselnden Bedingungen (Bodenform und -dichte) nicht in der Lage, eine konstante Tiefenführung von Bodenbearbeitungsgeräten zu realisieren. Infolge der starren Dreipunktanhangung des BAG's führen Nickbewegungen der Zugmaschine zu Änderungen des Winkels zwischen Boden und BAG, die sich am BAG, je nach Entfernung zum Drehpunkt der Nickbewegungen, in unterschiedlichen Höhenbewegungen bemerkbar machen.

- Bei Aufsattelgeräten, die nur an den Unterlenkern der Dreipunkthydraulik angeschlossen werden, ist der störende Einfluß von Nickbewegungen der Zugmaschine gering (durch die drehbare Verbindung von Aufsattelgerät und Unterlenker und den relativ kurzen Hebelarm der Unterlenker). Allerdings ist es wegen des fehlenden Oberlenkers auch nicht möglich, einen zusätzlichen Anteil des Gerätegewichts auf die Zugmaschine zu übertragen. Die aus den oben genannten Offenlegungsschriften bekannten Verfahren haben noch keine allgemeine praktische Verwertung gefunden, da sie gegenüber den angewandten Verfahren offensichtlich keine bedeutende Verbesserung darstellen.

## 3. Aufgabe der Erfindung

- Aufgabe der Erfindung ist es, ein System für die Regelung der Tiefenführung von Bodenbearbeitungsgeräten, die an Kraftheberanlagen angebaut sind, zu realisieren, das im Feldeinsatz eine konstante Tiefenführung des BAG's ermöglicht, und in den Fällen, in denen das BAG während des Arbeitseinsatzes ständig Zug auf den Oberlenker ausübt, einen Teil des Gerätegewichts über die Kraftheberanlage auf die Zugmaschine überträgt.

## 4. Lösung der Aufgabe

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst,

daß als Oberlenker ein, unter Druck- oder Zugbelastung in der Länge veränderliches, Bauteil eingesetzt wird, das seiner, durch das an die Kraftheberanlage angebaute BAG verursachten, äußeren Zugbelastung eine Kraft entgegengesetzt, deren Größe auf einen konstanten Wert einstellbar ist. Für Einsatzgebiete, in denen der Oberlenker auch auf Druck beansprucht werden kann, wird er mit einer Vorrichtung ausgeführt, die die vom Oberlenker ohne Verschiebung (Längenveränderung) übertragbare Druckkraft auf einen Maximalwert begrenzt. Die Längenveränderung des Oberlenkers infolge der äußeren Belastung wird durch eine Meßvorrichtung erfaßt. Weiterhin wird die Lage der Unterlenker der Kraftheberanlage, z. B. durch Abtasten einer Kurvenscheibe auf der Kraftheber-Hubwelle (wie u. a. von der Kraftheber-Lageregelung bekannt), aufgenommen. Diese beiden Meßgrößen, Längenveränderung des Oberlenkers und Lage der Unterlenker werden in einem Regelgerät zu einem Signal addiert und regeln zusammen mit der manuellen Tiefeneinstellung (Sollwert) den Steuerschieber der Kraftheberanlage, und damit die Tiefenführung angebaute BAGe. Die Lageabweichungen des Winkels zwischen BAG und Boden, verursacht durch Nickbewegungen der Zugmaschine, werden durch die Längenveränderung des Oberlenkers ausgeglichen.

Als Oberlenker wird erfindungsgemäß vorzugsweise ein Hydraulikzylinder eingesetzt, der mit Regelorganen zur Einstellung und Aufrechterhaltung eines konstanten Kammerdrucks oder zusätzlich zur Begrenzung des anderen Kammerdrucks auf einen Maximalwert ausgerüstet ist. Für die Lösung, die nur bei Zugbelastung des Oberlenkers einzusetzen ist (konstante Oberlenkerkraft), wird ein einfach wirkender Hydraulikzylinder als Oberlenker eingesetzt (vgl. Ausführungsbeispiel 1), die Lösung für Zug- oder Druckbelastung des Oberlenkers ist mit einem doppelt wirkenden Hydraulikzylinder und zusätzlich mit einer Regelung zur Begrenzung der Oberlenkerkraft auf einen Maximalwert ausgerüstet (vgl. Ausführungsbeispiel 2). Außerdem ist am Oberlenker eine Vorrichtung (mechanisch oder hydraulisch) zum Feststellen der Kolbenstange angebracht. Der prinzipielle Aufbau dieser Kraftheberregelung ist in Bild 1 dargestellt.

Während des Arbeitseinsatzes wirkt auf das, an der Kraftheberanlage angebaute, BAG, infolge seines Gewichts, ein Drehmoment (MG) um seine Aufnahmepunkte (A) in den Unterlenkern der Kraftheberanlage. Diesem Moment (MG) wirken die Drehmomente entgegen, die durch den Geräteeinheitswiderstand ((MW) = Summe der Reibungskräfte zwischen BAG und Boden) und die Bodenauflegekraft ((MB) = hauptsächlich Stützkraft an den Schleifsohlen und dem Stützrad) erzeugt werden. Das aus der Summe dieser drei Momente ((MG + MW + MB) resultierende Drehmoment wird durch jenes Moment kompensiert, das durch die Kraft, welche der Oberlenker auf das BAG ausübt, erzeugt wird (MO). Gemäß der Gleichgewichtsbedingung ist die Summe aller, auf das BAG um die Aufnahmepunkte (A) wirkenden, Momente gleich Null. Abhängig von der Drehrichtung des aus MG + MW + MB resultierenden Moment muß der Oberlenker ein, entgegengesetzt wirkendes, Moment erzeugen, das im Oberlenker eine Druck- oder eine Zugbelastung hervorruft. Im Fall  $MG > (MB + MW)$  wird der Oberlenker immer auf Zug beansprucht, für  $MG < (MW + MB)$  wird er auf Druck beansprucht, bei  $MG = (MB + MW)$  ist die äußere Beanspruchung des Oberlenkers gleich Null.

Beim Einsatz von BAGen, bei denen infolge ihres

hohen Gewichts immer der Fall  $MG > (MB + MW)$  vorliegt, kann die Lösung mit einfach wirkendem Hydraulikzylinder als Oberlenker eingesetzt werden. Es wird die Zylinderkammer beaufschlagt, deren Volumen sich beim Zusammenschieben des Zylinders vergrößert; diese Zylinderkammer wird im folgenden als Kammer I bezeichnet. In diesem Einsatzfall wirken dem Gerätegewichtsmoment (MG) die anderen auftretenden Momente entgegen ( $MG = (MW + MB + MO)$ ). Die vom Oberlenker der äußeren Belastung entgegengesetzte Kraft wird mit Hilfe der Regelorgane auf einen konstanten Wert eingestellt. Dieser einzustellende Wert der Oberlenkerkraft wird so gewählt, daß die Summe aus Oberlenker-Moment (MO) und dem, im jeweiligem Arbeitseinsatz maximal zu erwartendem, Geräteeinheitswiderstands-Moment (MW) das entgegengewirkte Gerätegewichtsmoment (MG) niemals völlig aufhebt. Es bleibt somit immer eine Differenz  $MG - (MO + MW)$ , die durch das, von der Bodenauflegekraft erzeugte, Moment ausgeglichen wird. Im Arbeitseinsatz wird das BAG über die Lageregelung der Zugmaschine auf der eingestellten Sollwert-Arbeitstiefe geführt. Bei konstantem Gerätegewicht und konstanter Oberlenkerkraft (durch die Regelorgane wird der Druck in Kammer I konstant gehalten) werden Schwankungen des Geräteeinheitswiderstands-Momentes (Zugwiderstand) durch umgekehrt proportionale Veränderungen des Bodenauflegekraft-Moments (MB) ausgeglichen (Gleichgewichtsbedingung). Nickbewegungen der Zugmaschine führen dagegen zu starken Veränderungen der Bodenauflegekraft, und damit des Bodenauflegekraft-Moments ((MB), ohne ausgleichende Veränderung eines anderen Moments), die eine entsprechende Längenveränderung des Oberlenkers auslösen, bis die Bodenauflegekraft wieder den Wert erreicht hat, der zur Herstellung des Momentengleichgewichts am BAG notwendig ist. Eine absinkende Bodenauflegekraft führt somit zu einer Verlängerung des Oberlenkers, bis das BAG sich wieder ausreichend am Boden abstützt; eine steigende Bodenauflegekraft bewirkt umgekehrt eine Verkürzung des Oberlenkers, bis die Bodenauflegekraft wieder auf den, für das Momentengleichgewicht erforderlichen, Wert abgesunken ist. Gleichzeitig wird über die gemessene Längenveränderung des Oberlenkers eine Nachführung der Kraftheberanlage zur Beibehaltung der Arbeitstiefe durchgeführt. Dazu wird im Regelgerät das Steuersignal von der Längenmessung des Oberlenkers mit den Signalen von der Lageregelung und der Sollwerteneinstellung addiert, und das Gesamtsignal regelt den Steuerschieber.

Beim Einsatz von BAGen, bei denen infolge ihres geringen Gewichts sowohl der Fall  $MB > (MB + MW)$  als auch  $MG < (MB + MW)$  vorliegen kann, ist die Lösung mit doppelt wirkendem Hydraulikzylinder als Oberlenker einzusetzen. Bei Zugbelastung wirkt der Oberlenker wie der oben beschriebene einfach wirkende Zylinder. Über die, zum einfach wirkenden Zylinder, zusätzlichen Regelorgane wird der Druck, der in der Zylinderkammer wirkt, deren Volumen sich bei einer Verkürzung des Oberlenkers verkleinert, auf einen maximal erreichbaren Wert ( $P_k$ ) eingestellt; diese Zylinderkammer wird nachfolgend als die Kammer II bezeichnet. Liegt der, von der äußeren Druckbelastung des Oberlenkers erzeugte Kammerdruck unter diesem eingestellten Wert, dann überträgt der Oberlenker diese äußere Druckkraft ohne Längenveränderung (Verkürzung) vom BAG auf die Zugmaschine. Wird infolge der äußeren Druckbelastung der eingestellte maximale

Kammerdruck erreicht, dann reagiert der Oberlenker auf ein weiteres Ansteigen der äußeren Druckbelastung durch Zusammenschieben des Zylinders (Verkürzung), also ein Nachgeben gegenüber der äußeren Belastung. Dieser einzustellende Druck  $P_k$  wird so gewählt, daß die vom Oberlenker ohne Längenveränderung übertragbare Druckkraft größer ist als jene Kraft, die im Fall  $MG < (MB + MW)$  durch das Restdrehmoment  $MG - MW$  auf den Oberlenker wirkt, wobei für  $MW$  der beim vorliegenden Arbeitseinsatz maximal zu erwartende Wert angesetzt wird. Der Oberlenker stützt das BAG immer gegen die Zugmaschine ab (wenn  $MG < (MW + MB)$ ), und verkürzt sich erst dann, wenn die übertragende Druckkraft einen kritischen Wert, der über die Druckbegrenzung der Zylinderkammer II einzustellen ist, überschreitet, z. B. bei Nickbewegungen der Zugmaschine. Bei einer Kombination einer zweiaxigen Zugmaschine mit einem, an der hinteren Kraftheberanlage angebauten, BAG würde eine Bodenerhebung durch das Hochgehen der Vorderachse eine gleichzeitige Abwärtsbewegung des BAG's verursachen (Drehung der "starrten" Zugmaschine-BAG-Kombination um den gemeinsamen Drehpunkt). Infolge dieser Bewegung stützt sich das BAG stärker am Boden ab und die Druckbelastung des Oberlenkers steigt, und damit der Druck in der Zylinderkammer II. Erreicht dieser Druck den eingestellten Wert  $P_k$ , dann gibt der Oberlenker einer weiter ansteigenden Druckbelastung nach (er verkürzt sich), und die Stützkraft des BAG's gegen den Boden bleibt konstant. Über die gemessene Längenveränderung des Oberlenkers wird die Tiefenführung des BAG's um den, durch die gemeinsame Drehbewegung der Zugmaschine-BAG-Kombination hervorgerufenen, Fehler korrigiert, und somit konstant gehalten.

### 5. Erzielbare Vorteile

Die beschriebene Tiefenführung für Bodenbearbeitungsgeräte ermöglicht eine, vom Zugwiderstand unabhängige, Regelung der Arbeitstiefe von BAGen, die an der Dreipunkt-Kraftheberanlage angebaut sind. Dabei kann durch den längenveränderlichen Oberlenker ein Teil des Gerätegewichts auf die Zugmaschine übertragen werden. Der Anteil des übertragenen Gerätegewichts ist über die einzustellenden Kammerdrücke des hydraulischen Oberlenkers, bzw. über die Federkraft beim Einsatz eines Oberlenkers nach dem nebengeordneten Patentanspruch, zu steuern.

Mit der beschriebenen Kraftheberanlage sind insbesondere folgende Vorteile beim Einsatz von Bodenbearbeitungsgeräten zu realisieren:

- hohe Qualität der Bodenbearbeitung durch konstante Bearbeitungstiefe;
- bessere Traktion durch Übertragung eines Teils des Gerätegewichts über die Dreipunktgeräteeinhangung auf die Antriebsachse der Zugmaschine (Zusatzachslast), damit weniger Radschlupf;
- geringe Geräte-Führungsreibung (Trageffekt) vermindert den Geräte-Zugwiderstand;
- geringerer Energieverbrauch durch verminderten Radschlupf und Zugwiderstand;
- Geräte-Tiefenführung unabhängig vom Zugwiderstand. Beim Betrieb von Aufsattelpflügen ist mit dem hydraulischen Oberlenker ebenfalls eine teilweise Übertragung des Gerätegewichts auf die Zugmaschine möglich, wobei durch den längenverän-

derlichen Oberlenker der Aufsattelpflug weiter als solcher betrieben werden kann. Bei der Arbeit mit Aufsattelpflügen ist durch den längenveränderlichen hydraulischen Oberlenker ein Ausheben des Pfluges, beginnend beim ersten Pflugschar, und auch ein Einzug beginnend mit dem ersten Pflugschar, weiterhin möglich.

Diese Vorteile wirken sich für den landwirtschaftlichen Betrieb insbesondere aus in:

- einer Senkung der Treibstoffkosten (durch Verminderung des Rollwiderstands und des Radschlupfs)
- einer Verminderung der Bodenschäden (weniger Bodendruck und Radschlupf, konstante Bearbeitungstiefe) und daraus resultierend eine Verbesserung des Pflanzenwachstums.

### 6. Ausgeführte Beispiele

Für den in Bild 1 dargestellten prinzipiellen Aufbau werden nachfolgend einige Beispiele ausgeführt:

#### 6.1 Ausführungsbeispiel 1

Oberlenker mit einfach wirkendem Hydraulikzylinder

#### 6.2 Ausführungsbeispiel 2

Oberlenker mit doppelt wirkendem Hydraulikzylinder.

### Patentansprüche

1. Tiefenführung für Bodenbearbeitungsgeräte, die an einem Kraftheber, vorwiegend hydraulischen Dreipunkt-Kraftheber, angebaut sind, der mit einer manuellen Tiefeneinstellung und einer Lageregelung ausgerüstet ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Oberlenker der Dreipunkt-Kraftheberanlage ein in der Länge veränderliches Bauelement, vorzugsweise ein einfach oder doppelt wirkender Hydraulikzylinder, ist, das seine Länge proportional zu einer äußeren Belastung verändert, wobei die vom Oberlenker gegen die äußere Belastung wirkende Gegenkraft einstellbar ist.

2. Tiefenführung für Bodenbearbeitungsgeräte nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich an dem Oberlenker eine Vorrichtung zur Messung seiner Längenveränderung, die durch eine Verschiebung der Kolbenstange gegenüber dem Zylinder verursacht wird, befindet.

3. Tiefenführung für Bodenbearbeitungsgeräte nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Regelgerät die Höhenregelung der Kraftheberanlage durch Addition der drei Parameter

- manuelle Tiefeneinstellung / Sollwert
- Lage der Unterlenker
- Längenänderung des Oberlenkers

gebildet wird.

4. Tiefenführung für Bodenbearbeitungsgeräte nach Ansprüchen 1, 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Oberlenker mit einer Vorrichtung zum Blockieren der Längenverstellung ausgerüstet ist.

5. Tiefenführung für Bodenbearbeitungsgeräte

nach Ansprüchen 1, 2, 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei Einsatz eines Hydraulikzylinders als Oberlenker der an diesem Zylinder angeschlossene Hydraulikkreislauf mit einer Regelung zum Einstellen des Kammerdrucks, bzw. der Kammerdrücke, im Hydraulikzylinder ausgerüstet ist. 5

6. Tiefenführung für Bodenbearbeitungsgeräte, die an einen Kraftheber, vorwiegend hydraulischen Dreipunkt-Kraftheber, angebaut sind, der mit einer manuellen Tiefeneinstellung und einer Lageregelung ausgerüstet ist, dadurch gekennzeichnet, daß als Oberlenker ein federbelastetes Bauteil eingesetzt wird, das einer äußeren Belastung (Normalkraft) jeweils eine einstellbare Federkraft entgegengesetzt. 10 15

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

